

第29次南極地域観測隊昭和基地越冬報告 1988–1989

渡辺 興 亜*

Activities of the Wintering Party at Syowa Station by the 29th
Japanese Antarctic Research Expedition in 1988–1989

Okitsugu WATANABE*

Abstract: The wintering party of the 29th Japanese Antarctic Research Expedition performed its activities at two wintering sites from 1988 to 1989, consisting of 27 members at Syowa Station (69°00'S, 39°35'E) (leader: Okitsugu WATANABE) and 10 members at Asuka Station (71°31.5'S, 24°8.3'E) (leader: Keizo YANAI). Scientific and logistics activities at both wintering stations are reported separately. Wintering activities at Asuka Station have already been reported by K. YANAI (Nankyoku Shiryo, 34, 394, 1990).

The main scientific research programs at Syowa Station were as follows:
1) Development of unmanned geophysical observatory (upper atmosphere physics).
2) Clouds and precipitation observation by means of vertical radar carried out as a part of Antarctic Climate Research Program (ACR) (lower atmosphere physics).
3) Biological investigation of Antarctic terrestrial ecosystem (biological science), part of international Biological Investigations of Terrestrial Antarctic Systems (BITAS). Routine and fundamental geoscience were performed as in preceding years.

要旨: 第29次南極地域観測隊越冬隊は37名により構成された。うち27名は昭和基地において越冬観測に従事し、残り10名はあすか観測拠点において2年目の越冬観測を行った。あすか観測拠点における活動はすでに別に報告されているので、ここでは昭和基地における活動を報告する。

昭和基地の活動は1988年2月1日、基地を引き継いでより、1989年1月31日まで続けられた。その間、定常観測のほかに第29次南極地域観測隊研究観測計画に基づいて観測を実施した。気水圏系による「南極における気候変動に関する総合研究(第2年次)」と生物・医学系による「陸上生態系構造の研究(第2年次)」などである。そのほか宙空系によるオーロラ観測や雪氷・地学系によるテレメトリーによる地震観測も実施された。また設営面では通常の基地を維持する活動のほか、基地の整備にも努めた。1987年10月以降無人となったみずほ基地の維持も行った。

1. は し が き

第29次南極地域観測隊(第29次観測隊)は昭和62年6月25日開催の第90回南極地域観測統合推進本部総会において決定された行動実施計画に基づき、観測および設営活動を実施した。

* 国立極地研究所. National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.

南 極 資 料, Vol. 35, No. 1, 70-91, 1991

Nankyoku Shiryo (Antarctic Record), Vol. 35, No. 1, 70-91, 1991

第29次観測隊は総員52名（観測隊長兼越冬隊長渡辺興亜、観測副隊長兼越冬副隊長矢内桂三および観測副隊長佐藤夏雄）、昭和基地越冬隊27名、あすか観測拠点越冬隊10名および夏期観測隊員15名の構成である。観測船「しらせ」は、昭和62年11月14日東京湾を出発し、一路オーストラリアに向かい、同月28日フリーマントル入港、物資補給の後12月3日出港、同8日南緯55°を通過し、同15日ブライド湾定着氷縁（61°58.3'S, 27°16.6'E）に到着した。12月30日までにあすか観測拠点の越冬準備のための約135tの物資輸送、設営支援作業、第28次あすか越冬隊収容作業を完了、昭和基地に向かう。昭和63年1月2日昭和基地へ第一便が飛び、その後約1カ月間の昭和基地越冬準備作業、大型パラボラアンテナの基礎および衛星受信棟などの建設作業ならびにリュツォ・ホルム湾域での野外調査・観測を実施した。第28次昭和基地越冬隊からの引き継ぎも順調に進み、2月1日越冬隊成立となった。

「しらせ」はその後ブライド湾に戻り、セールロンダーネ山地夏期調査隊を収容した後、ソ連基地マラジョージナヤ、アムンゼン湾でのオペレーションを実施した後、2月27日南極大陸沿岸沿いに海洋観測を実施しつつ東航し、3月13日北上開始、同15日南緯55°を通過した。3月20日シドニー入港、当地より第28次越冬隊および第29次夏期観測隊員は空路帰国した。第29次観測隊夏期観測行動については別に詳しく報告（佐藤，1990）されている。

越冬期間中の定常観測項目および研究観測の課題は表1に示した。第29次隊越冬期間中の昭和基地およびあすか観測拠点の天候は順調で、定常・研究観測とも順調に経過した。しかしあすか観測拠点において「セールロンダーネ山地の隕石探査」実施中、雪上車がクレバ

表1 昭和基地・みずほ基地およびその周辺での越冬観測の一覧
Table 1. Research program of JARE-29 wintering party.

	部 門	観 測 項 目
定 常 観 測	極 光・夜 光	写真観測 全天カメラによる観測
	地 磁 気	地磁気三成分の連続観測および同基線決定のための絶対測定
	電 離 層	電離層垂直観測 オーロラ・レーダー観測 リオメーター吸収および短波電界強度測定による電離層吸収の測定
	気 象	地上気象観測 高層気象観測 オゾン全量観測 オゾンおよび放射ゾンデ観測 天気解析
	潮 汐 地 震	潮汐観測 自然地震観測 電力観測
研 究 観 測	宙 空 系	テレメトリーによる人工衛星観測 極域じょう乱と磁気圏構造の総合観測 観測点群による超高層観測
	雪氷・地学系 (あすか観測 拠点での観測)	東クイーンモードランド地域の雪氷地学研究計画（7年計画7年次） セールロンダーネ山地地学調査・隕石探査、隕石集積機構の研究
	気 水 圏 系	南極域における気候変動に関する総合研究計画（5年計画2年次） 大気状態の年々変動の観測 雲量・雲水量の変動観測 雲の鉛直構造と降雪 粒子の解析 雲粒子・エアロゾル・露点ゾンデ観測 極域大気循環の観測 人工衛星観測
	生物・医学系	陸上生態系構造の研究 藓類群落の構造と機能の解析 藻類成育環境調査 湖沼生物相調査 生物微気象調査 昭和基地周辺の環境モニタリング 南極 における「ヒト」の生物学的研究

スに落下するという事故が発生した。この事故の報告を含め、あすか観測拠点での越冬報告は別に詳しく報告（矢内，1990）されている。

昭和基地における設営関係の作業はすべて順調に経過した。例年に比べて少人数の越冬生活であったが、越冬隊員相互の協力のもとに安全の確保をモットーとし、観測計画、設営活動とも効率よく運営することができた。

2. 越冬隊の編成

昭和62年6月25日の第90回本部総会において、表1に示した第29次南極地域観測実施計画、「しらせ」の行動計画および第29次観測隊員52名全員の決定をみた。また夏隊へ同行するオブザーバー5名、南極条約に基づく米国および中国からの交換科学者3名の参加が承認された。第29次越冬隊員の編成を表2に示す。あすか観測拠点越冬隊員には○印を付した。

表2 第29次南極地域観測隊越冬隊編成表
Table 2. Wintering personnel of JARE-29 at Syowa and Asuka Stations.

担 当	氏 名	年齢*	所 属	隊 経 験
越冬隊長	わた 渡 辺 興 亜	48	国立極地研究所研究系	11, 15次越冬
副 隊 長	○ 矢 内 桂 三	46	国立極地研究所資料系	9, 15, 20次越冬, アメリカ基地3回
気 象	まつ 松 原 廣 司	40	気象庁観測部	21次越冬
	ど 土 井 元 久	32	"	
	うえ 上 窪 哲 朗	28	"	
	おか 岡 田 けん 憲 治	30	"	
電 離 層	おお 大 塚 敦 夫	25	電波研究所電波部	
地 球 物 理	いち 市 川 のぶ 信 夫	38	京都大学防災研究所	
宙 空 系	さか 坂 翁 介	40	九州大学理学部	
	やま 山 口 寛 司	28	気象庁地磁気観測所	
	い 井 口 幸 仁	30	電波研究所情報管理部	
雪氷・ 地学系	○ 奈良 岡 浩 二	27	筑波大学化学系	
	○ 藤 田 秀 二	23	国立極地研究所事業部（北海道大学大学院学生）	
気 水 圏 系	わ 和 田 誠 司	39	国立極地研究所研究系	20次越冬
	あ 青 木 周 司	33	"	
	○ 青 木 輝 夫	29	気象研究所高層物理研究部	
生物・ 医学系	かん 神 田 啓 史	41	国立極地研究所資料系	19次夏, 24次越冬, チリ, オーストラ リア基地
	おお 大 谷 修 司	29	国立極地研究所研究系	

表 2 つ づ き

Table 2. (Continued)

担 当	氏 名	年齢*	所 属	隊 経 験
機 械	○米 沢 泰 久	38	国立極地研究所事業部 (株)小松製作所川崎工場)	15, 20次越冬
	野 村 則 人	36	新潟大学施設部	
	山 下 孝 昭	36	国立極地研究所事業部 (いすゞ自動車(株)川崎工場)	24次越冬
	韭 沢 則 喜	23	国立極地研究所事業部 (株)大原鉄工所)	
	樋 井 正 一	39	国立極地研究所事業部 (ヤンマーディーゼル(株))	
	○白 田 孝	28	国立極地研究所事業部 (いすゞ自動車(株)川崎工場)	
通 信	横 野 孝 司	42	国立極地研究所事業部 (NTT 長崎無線電報局)	
	三 宅 隆	34	国立極地研究所事業部 (NTT 銚子無線電報局)	
	○神 邦 人	44	海上保安庁警備救難部	20次越冬
調 理	坂 本 好 吉	49	国立極地研究所事業部 (有)レストラン・さかもと)	11次越冬
	和 田 純 一	32	海上保安庁警備救難部	
医 療	井 上 龍 誠	35	国立極地研究所事業部 (福岡通信病院)	
	○河 内 雅 章	34	国立極地研究所事業部 (信州大学医学部附属病院)	
	三 上 春 夫	29	国立極地研究所事業部 (千葉県中央保健所)	
	大 塚 英 明	34	国立極地研究所事業部	23次越冬
設 営 一 般	古 川 晶 雄	26	国立極地研究所事業部 (名古屋大学大学院学生)	
	○下 田 泰 義	36	国立極地研究所事業部 (長崎県有明町立有明中学校)	
	瀬 古 勝 基	27	名古屋大学水圏科学研究所	気水圏系観測兼務
	○古 山 勝 康	39	国立極地研究所事業部 (つるや食堂)	

* 出港時, ○印はあすか観測拠点越冬者を示す。

3. 越冬経過の概要

第 29 次越冬隊では野外観測計画が多く, 研究観測のすべての分野および定常観測部門の多くに及んだ。また, 昭和基地西方 700 km のセールロンダーネ山地の北側の「あすか観測拠点」で, 第 29 次越冬隊のうち 10 名が越冬し, 地学調査を行うので, 昭和基地の越冬隊員は 27 名と最近十数年で最少の人数となった。

少人数の越冬隊員で数多くの野外観測計画をいかに安全かつ円滑に実行するかが、第29次昭和基地越冬隊の最大の課題であったといっても過言ではない。

特に、生物研究グループは越冬観測開始直後より4名の隊員が基地を離れ、ラングホブデ露岩に設けられた生物観測小舎に移り住み、3カ月間の長期滞在観測を行い、また春から夏にかけて再び3カ月間の観測、併せて6カ月の長期生物調査と陸上生物生態系にかかわる気象観測を行う計画であり、そのため、観測部門および設営部門より2~4名が支援し、基地から独立して生活できることが計画実行の必要条件であった。ラングホブデ露岩とオングル島間は秋~初冬の期間は海水が流出し交通が遮断される可能性が大であるためである。また気水圏系の研究グループは冬明けから夏にかけて、昭和基地南方の大陸氷上で数カ月間の内陸域気象観測および調査を行う計画があり、これについても観測および設営グループからの支援が必要であった。

一方、設営関係では、第29次夏期建設作業が最近では最大の延べ作業人員1000人日分以上の作業規模であったが、越冬交代時に好天に恵まれ、ほぼ夏期間中に完了しており、越冬に入ってから継続せねばならない作業はほとんど残されていなかった。しかし、夏期建設・輸送期間中に生じた荒金ダム決壊の修復作業の一部は越冬開始後の作業として残されており、また昭和基地周辺道路の末端が観測棟で終わっていたのを衛星受信棟まで延長し基地周回道路とする必要もあった。行き止まりの道は夏期間の車両による物資輸送にとって非常に不便であった。冬期間の悪天下における観測棟間の往来の安全性の確保の面からも道路建設は必要であった。

みずほ基地の引き継ぎは夏の建設・輸送期間中に実施し、無人気象観測機器の維持について必要な作業が行われていたが、冬~春期に再度みずほ旅行を行い無人観測機の保守のほか、内陸旅行支援機材のデポを必要としていた。

このほかにもホーバークラフトの運行テスト、衛星受信棟の内部暖房設備の設置などの作業が、また越冬中の生鮮野菜供給のための水耕栽培装置の組み立てなどが残されていた。昭和基地越冬隊では隊員相互の協力と安全の確保をモットーにおおよそ次のように越冬生活は経過した。あすか観測拠点の越冬隊とは、一般的連絡のほか観測情報や観測および設営上の助言および支援に関する連絡にとどめ、それぞれ独立した越冬隊として運営した。

2月：越冬交代直後の3日、ラングホブデ生物観測班神田以下3名が基地を離れる。夏作業の延長として荒金ダムの修復の仕上げを行う。山側に鉄筋コンクリート製の放水路を設け、また洪水時の発電棟防御のため、ダム下流の流水路屈曲部に水防堰堤を設けた。第30次観測隊からの衛星受信運用をスムーズに行うために衛星受信棟内部設備作業が行われた。その他に北の浦にて定常地震観測用のアースの海中設置、第一ダムより荒金ダムへの送水、夏期作業の後始末作業、昭和基地巡回道の建設（観測棟~衛星受信棟）などが行われた。

3月：上旬に初ブリザード来襲、初めて除雪作業を行った。夏期作業用車両、工事用機械

の整備とオーニング処置。Cヘリポート横に第21次観測隊によって計画された飛行場建設のための整地作業を開始した。荒金ダム～新発電棟間の水パイプ（ヒーター付き）の交換を行った。

4月：第九発電棟内に水耕栽培装置を設置した。野外観測用のアップルハウスの組み立てを行い、蜂の巣山頂上へ設置した。これは休日レクリエーション用施設として、その耐久性テストを兼ねて利用することにした。3月より始められていた装輪車の整備作業がすべて完了。4月中旬より海水の凍結が進み、13日に初の海水調査を徒歩にて開始する。海水旅行用のスノーモービル、浮上型雪上車の整備作業進む。月末、とつつき岬までのスノーモービル・ルートの設置完了。中旬には輻射ゾンデの初飛揚が行われた。基地での研究観測は越冬開始以降順調に経過。宙空系の無人観測機の基地内運用テストも順調に経過した。

5月：1日にS16までのルート整備完了。S16残置の雪上車点検整備、食糧の点検が完了し、ラングホブデ生物観測小舎にて滞在観測中の4名の収容オペレーションが開始され、8日全員基地に戻る。冬期日課始まる。海水旅行用の小型そりの改修作業活発化。中旬、浮上型雪上車が初めて海水上を走る。宙空グループの無人観測機のフィールド運用テストが、大陸上S21地点にて始まった。オングル島～ラングホブデ間で一旦結氷した海水が再び水あきとなる。雲粒子ゾンデの初飛揚成功。

6月：ラングホブデ方面へのルートは依然として海水の水あきのため通行不能。気温も下がり、太陽もでないため屋内作業活発。作業棟では居住カブースの改造などがさかんに行われる。荒金ダムの水位が下がり、130kℓ水そうへの雪入れ作業に忙しくなる。ミッドウィンター祭に向け各居住棟での準備が活発となる。

7月：沿岸旅行用の設営諸準備も大詰めを迎え、旅行計画の打ち合わせを頻繁に行う。ラングホブデ・ルートも開通し、小湊湾の地震テレメトリング用電池の交換が行われた。月末にはS16からのSM50型雪上車の回送が行われ、いよいよ内陸旅行の準備が始まる。

8月：上旬、第1回沿岸旅行に出発。海水旅行技術の習得を第一の目的とし、併せて生物、気水圏、定常地震の観測も行う。スカーレン、パッダ島付近は氷状悪く雪上車で接近果たせず。下旬には第1回みずほ旅行隊が出発、いよいよ本格的な野外調査のシーズン開幕となる。基地では各種ゾンデ観測（雲粒子、エアロゾル、輻射）の飛揚さかん。8月としては観測開始以来最大の突然昇温が起こる。その時期に合わせてのオゾン量の垂直分布観測に成功。今年は暖冬で雪少なく生活環境としては良いが生活用水のための雪の確保に苦労する。

9月：上旬に宙空系無人観測をスカルプスネスにて開始する。内陸旅行準備に忙しい日々が続く。中旬には、2回目の沿岸旅行隊出発。雪上車が引くそりに積載したスノーモービルで露岩に接近する方策が効を奏し、パッダ島、プリンスハラルド海岸の四ツ目岩付近の露岩での生物調査に成功。ホーバークラフトの整備済み、浮上に成功する。

10月：上旬、6名の内陸旅行隊が前進拠点に向け出発。途中、宙空グループが無人観測機

設置のため H100 まで同行する。中旬、G6 地点に到着、2 名の気象グループが残り、3000 m 高地にてレーウィンゾンデの観測を 2 週間にわたって続ける。残り 4 名で前進拠点へ向かい、前進拠点にアルゴスシステムの無人気象観測機を設置。昭和基地では露点ゾンデの飛揚開始。

11 月：内陸旅行隊は G6 に戻り、IM ルートを離れ、別ルートを開拓しつつ、みずほ基地へ戻る。上旬より生物グループは再びラングホブデにて長期滞在観測に入る。ソ連の査察団が昭和基地訪問。オーストラリア機が親善のため飛来。第 3 回内陸旅行隊がみずほ基地出発、Y ルートを南下する。

12 月：内陸旅行隊およびみずほ観測拠点人員交代便が昭和基地へ帰着。基地では第 30 次観測隊の受け入れ準備作業さかん。油タンク設置のための敷地整備、氷上輸送用陸揚げ地点の整地作業、夏宿開設準備などが行われる。C ヘリポート横の飛行場建設が再開、海側への滑走路延長のための埋め立て作業などが行われる。11 月より気温は低めに推移、心配した海水状況は悪化せず。

1989 年 1 月：上旬、予定通り「しらせ」入港し、第 1 便届く。第 30 次観測隊の荷受け、荷送りが順調に進み、1 月中旬より H150 地点にて氷床掘削作業開始予定の前日、あすか隕石調査隊の事故の第一報届く。掘削作業隊を急ぎ、基地へ収容、事故対策オペレーション始まる。昭和基地では予定通り 2 月 1 日、越冬交代を行い、すべての越冬行動が完了した。

4. 観測経過概要

4.1. 定常観測

(1) 極光・夜光

今回、新しい全天空カメラシステムを設置し、しばらくの間、旧システムとの同時観測を行い、4 月 25 日より新システムのみの観測として 10 月 3 日まで継続した。撮影日数 106 日、延べ使用フィルムは 12400 ft である。

(2) 地磁気

三成分連続観測および絶対測定を毎月 1 回従来通りの方法で継続し、支障なく観測が実施された。

(3) 電離層

電離層観測、オーロラレーダー観測、リオメーター測定、オメガ電波受信測定および短波電界強度測定を実施した。全体として従来通りの方法で観測が行われたが、オーロラレーダー観測では夏期間中に設置した主ビームが真方位 86° 向きの 50 MHz 用反射器付き 14 段コリニアアンテナを新たに使用した。

(4) 気象

地上気象観測、高層気象観測、特殊ゾンデ観測、オゾン観測および天気解析とも従来とはほぼ同様の方法で継続した。大気混濁度観測では、今回より波長別直達日射量の観測を中止し、

直達日射量の観測を行った。定常気象観測の結果については「第 29 次南極地域観測隊気象部門報告」(松原ら, 1988) に詳しく報告されている。

(5) 地 震

短周期地震計三成分, 長周期地震計三成分観測とも記録計に若干のトラブルがあったがほぼ順調に経過した。年間の地震読み取り回数は 579 回であった。2 月に西の浦験潮所沖合い 15 m に新しく海中アースを設置(接地抵抗 66Ω) したが, 1989 年 1 月に点検したところ, 三本のアース線とも, すべて海水によって切断されていた。

(6) 潮 汐

従来の沈鐘式験潮儀のほか, 新システムとして第 28 次観測隊と同様, 今回も水晶式水位計を設置し, 第 28 次観測隊のものと併用観測した。今次隊設置のものは 11 月 23 日に原因不明のまま送信をしなくなり, 新システムでは第 28 次に設置の水位計のみが一年間稼動した。

4.2. 主な定常観測結果の概要

(1) 1988 年の気象経過

越冬期間の天気の特徴は, 年間のブリザードが 9 回 15 日と著しく少なく, 1960 年以降最少記録となった。年間の気象経過は次のようである。主な気象要素の 1988 年 1 年間の変化を図 1 に示した。

2 月: 上・中旬は風が弱く比較的穏やかな天気が続いた。下旬は周期的に低気圧が接近し, 強風が吹いたがブリザードにはならなかった。中旬より広がった開水面は, 27 日からの接近した低気圧の強風によりさらに広がった。

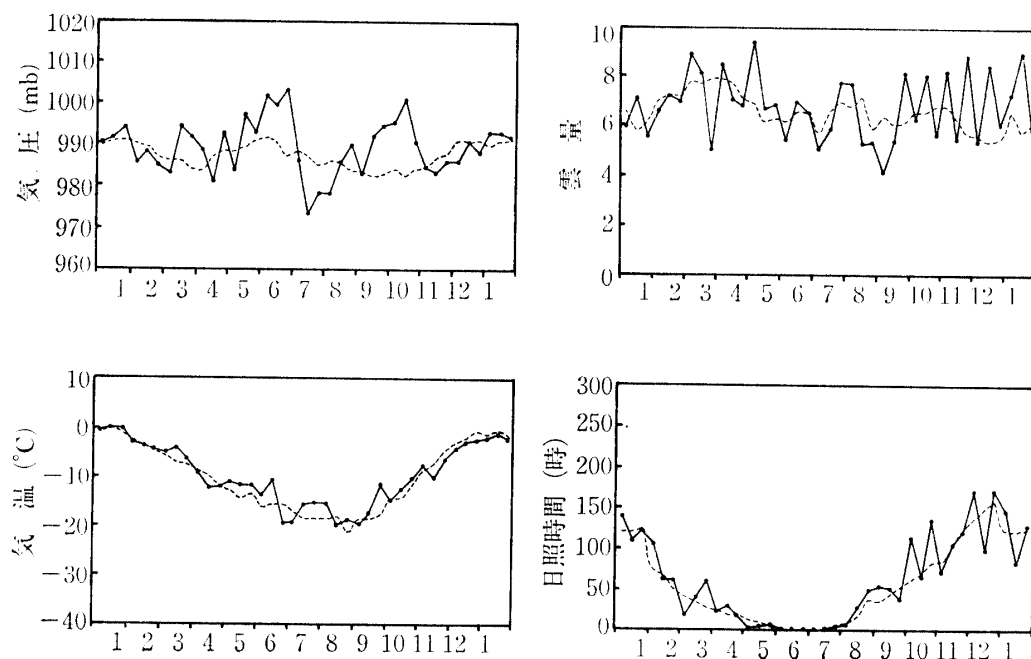


図 1 主な気象要素の旬平均値の年間変化 (1988)

Fig. 1. Annual variations of meteorological surface observations in 1988.

3月：気温は高めに経過した。特に中旬後半から下旬後半にかけて気温の高い日が続いた。積雪は少なくブリザードの来襲なし。21日、北にあった低気圧が急激に発達し、午後から突風が間欠的に吹き、最大瞬間風速 49.9 m/s を記録し、月の最大瞬間風速第1位の記録を更新した。

4月：全般的に風が弱く穏やかな天気が続き、気温は高めに経過した。29日に越冬開始以来初めてのブリザードが来襲した。

5月：低気圧が周期的に接近し、月を通じて気温は高めに経過した。30日にはB級ブリザードが来襲し、越冬開始以来初めて本格的な降雪となった。月平均気温、月平均最低気温とも第2位の高い値を記録した。

6月：C級ブリザードが上旬と中旬にそれぞれ1回あったものの、大陸の高気圧の勢力が強く、全般に穏やかな天気が続いた。気温は上・中旬は5月に引き続き高めに経過したが、下旬には低くなった。月平均気圧（海面）は、1001.5 mb を記録し、第1位の高い記録で、過去の記録と比較しても1976年12月の1003.0 mb に次ぐ第2位の記録となった。

7月：月の前半はC級ブリザードが1回あったが、穏やかで気温は高めに経過した。後半はA級、B級それぞれ1回のブリザードをもたらし低気圧を含め、低気圧が次々に接近したため、ぐずついた天気が続き気温は高めに経過した。月平均風速は後半の寄与が大きく、第3位の強い記録となった。

8月：上・中旬にC級ブリザードが1回ずつあったが、全般的に穏やかで暖かい日が続いた。下旬に成層圏で大規模な気温上昇（突然昇温）が起こった。このような規模の気温上昇は観測開始以来初めてである。

9月：低気圧が周期的に接近したが勢力が弱く、ブリザードとはならず穏やかな天気が続いた。気温は上旬やや低かったものの、中・下旬は高めに経過し、特に下旬は高かった。月平均気圧（海面）は第2位の高い値（989.6 mb）を記録した。

10月：ほぼ10日周期で天気に変化したが、低気圧は北方海上を通過するのみであったためブリザードはなく、月を通じて良い天気が続き、風は弱く気温は高めに経過した。月平均気圧（海面）は高い値を示し第1位の記録を更新し、月間日照時間も第1位の記録を更新した。

11月：10月に引き続き低気圧が北方海上を通過したため、月を通じてブリザードはなく風の弱い日が続いた。気温は上旬は高めであったが、中・下旬は低めに経過した。風の弱い日が続いたため、月平均風速、月最大風速、月最大瞬間風速の各項目とも第1位の弱い値を更新した。

12月：11月に引き続き、気温は低めに経過した。全般に風の弱い日が多かったが、11日から14日にかけて低気圧が接近し、月最大風速、月最大瞬間風速の第1位の記録を更新する風が吹いた。しかしブリザードはなかった。

1月：中旬に低気圧が接近し風が強まり、曇りがちの日が多かったが全般的に穏やかに経

過した。気温は平年並みであった。平均風速は、中旬が平年を上回ったほかは平年並みであった。

(2) オゾン観測について

8 月下旬に大規模な突然昇温があり、30 mb の気温は 8 月としては観測開始以来の最高気温を記録した。特殊ゾンデ観測は、オゾンゾンデ 30 台、輻射ゾンデ 10 台を用意した。越冬初期にその飛揚計画を決めていたが、例年より早い時期に成層圏突然昇温があったため、計画を若干変更して飛揚を行い、昇温最盛期に合わせたゾンデ観測によって貴重なデータを取得することができた。オゾン全量観測は、機器故障が頻発したものの順調にデータを取得することができた。なお、極夜の時期には月光観測を行い、年間を通じたデータの取得に努めた。また、オゾン垂直分布を求める反転観測も可能な限り行った。オゾンホール現象の解明に各基地とも熱心であり、東ドイツ、ソ連、インドの 3 基地からデータ交換の申し出があり交換を行った。また、アメリカの NOAA から衛星によるオゾン資料が FAX で直接送られ、貴重な資料として用いることができた。

4.3. 主な研究観測の成果概要

4.3.1. 気水圏系観測について

第 28 次観測隊から始まった「南極域における気候変動に関する総合研究計画 (ACR)」の 2 年次の計画に沿って、大気状態の年々変動、特に 1) 雲と降水の変動の観測、2) 微量気体成分モニタリングを重点項目として観測が行われた。ACR 計画については、第 28 次越冬報告 (国立極地研究所, 1989) に詳しく述べられている。これらの計画に基づいて、昭和基地においては、NOAA 衛星データの収録、放射観測、オゾンゾンデ、放射ゾンデの観測、大気中の二酸化炭素濃度の連続観測、微量気体分析用大気サンプリングを第 28 次観測隊より引き継ぎ、新たに、降水変動観測装置、地上降水観測装置による雲と降水の地上観測、メタン、オゾン濃度の連続観測、エアロゾル濃度の連続観測、エアロゾルのサンプリング、雲粒子ゾンデ、露点ゾンデ、エアロゾルゾンデの観測を行った (和田ら, 1990)。また、第 30 次観測隊以降に重点項目となる海水-大気の相互作用、氷床および棚氷変動の観測に関連する観測を行った。内陸では、気象ゾンデ観測、降雪、積雪層観測および JMR や GPS システムを用いた氷床流動観測、アルゴス、CMOS メモリーを用いた無人気象観測が行われた。

(1) じょう乱の発達、経路、内陸域への侵入形態

南極域の降雪量の変動に関して、低気圧じょう乱の発達、経路の変動は本質的な要素である。じょう乱に伴う顕著な雲の低温度領域が海洋上で発達し衰弱、あるいは大陸内陸部へ侵入する様子が衛星の AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer: 高分解能画像) CH. 4 (10.3-11.3 μm) データの輝度温度 (Tbb) の時間変化として捕らえられた。大陸域と海洋域の境界にあたる南緯 70° 付近を境に変動傾向に顕著な差が見られる。大陸域では顕著な年周期に加え、冬季を中心に 1 カ月程度の周期を持つ変動の卓越が見られる。画像の詳細な

追跡により冬季の変動は、大陸域への雲の侵入によっていることがわかった。この雲の変動は、極冠高気圧の変動と関係が深いと考えられ、気圧場の解析などから得られている長周期変動との関係の解明が今後の課題である。また、1988年の昭和基地付近の積雪量は例年に比べて非常に少なかったが、春季の輝度温度の小さな変動は、じょう乱の侵入が非常に少なかったことを示している。今後、ほかの年とのじょう乱の経路、侵入形態等の比較を行うことで年々変動についての新しい知見も得られるだろう。

(2) 大気微量成分のモニタリング

第29次観測隊では大気微量成分のうち、1) 気候変動の要因として重要な物質、2) オゾンホールの消長に関連があると推定される物質、3) 大規模な大気循環のトレーサーとなる物質の3点に重点を置いて観測が実施された。

南極域は汚染源から遠く離れているため地球のバックグラウンド濃度のモニタリングには最適な場所であり、きわめて質の高いデータが得られる。

(a) 二酸化炭素濃度連続観測

二酸化炭素は今後予測される気候温暖化の原因として最も重要な気体であり、また大気中では安定しているためトレーサーとしても有用である。

昭和基地では第25次観測隊以来環境科学棟に測定システムを設置し連続観測が行われてきた。第29次観測隊では観測棟に空気取り込みパイプラインを新設し、大気微量成分観測装置を1カ所にまとめ、また温度変化による微少な濃度ドリフトを避けるため、20本の標準ガスは環境科学棟内と観測棟内に分けて室温で保存した。

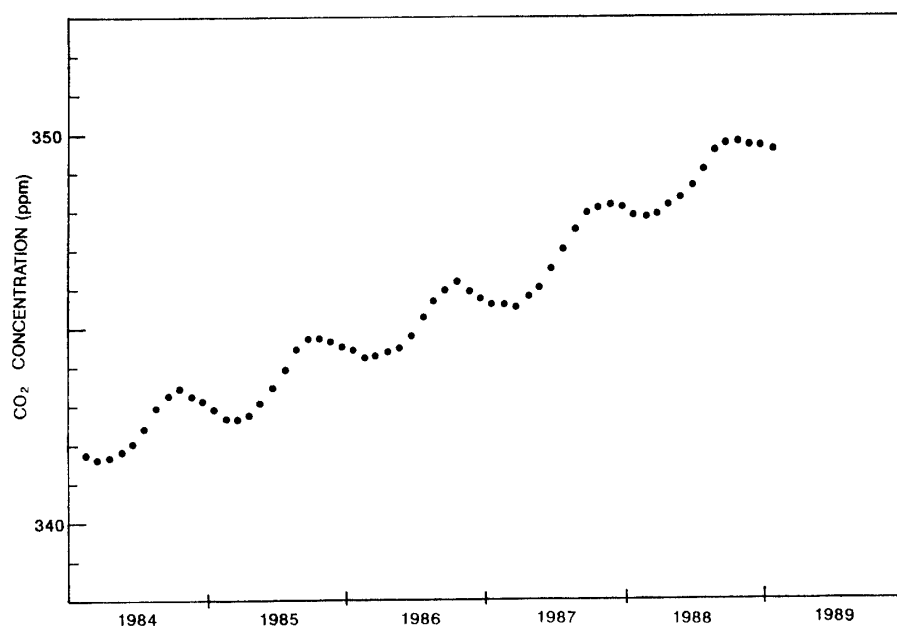


図2 昭和基地における月平均二酸化炭素濃度の変化

Fig. 2. Secular change of monthly mean CO₂ concentration of 1984–1988.

1 年を通して極めて観測は順調であった。図 2 に 1984 年以來の月平均濃度変化を示す。大気中の二酸化炭素濃度は季節変化を伴いながら年々上昇し続けている。データを詳細にみると、この上昇率は一定ではなく、特に 1987 年後半から 1988 年前半にかけての値はそれ以前の値の約 1.5 倍にも達していることが判明した。これは大気と海洋間および大気と生物圏間の二酸化炭素循環バランスが地球規模で変化したことを示している。

(b) メタン濃度連続観測

メタンは二酸化炭素と同様に温室効果をもち、その濃度上昇率が大きいため、今後起こり得る気候温暖化に対して二酸化炭素に次ぐ寄与をする可能性が高い。また、メタンは成層圏でオゾンホール生成の役割を演じている可能性の高い塩素原子を除去したり、対流圏で OH ラジカルと結びついて一酸化炭素を生成したりするため、その濃度上昇は大気科学的にも重要な意味を持つ。ところが、メタン濃度上昇の原因は今のところ解明されていない。その原因追及の第一段階として、南半球における大気中のメタンのバックグラウンド濃度がどのように変化しているかを正確に知るために、第 29 次観測隊で連続観測を開始した。

長時間にわたって連続した高精度のデータを取得するために、ガスクロマトグラフを用いて自動測定システムを新たに開発した。連続観測によって得られた昭和基地における日平均メタン濃度の変化を図 3 に示す。この図によると南極域ではメタン濃度がきわめてきれいな季節変化を示し、経年増加傾向も明らかである。また、大規模な大気の輸送を反映したと考えられる十数日周期の不規則変化も認められる。

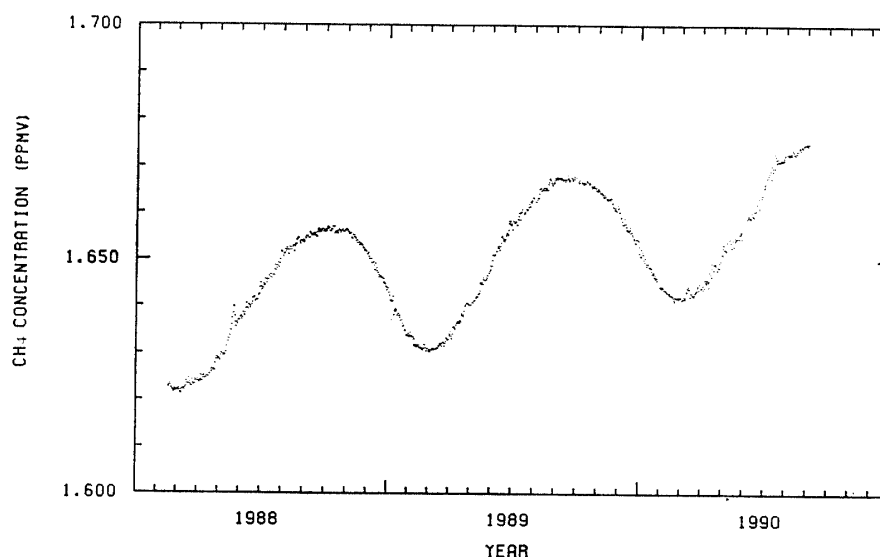


図 3 日平均メタン濃度の経年変化 (1988-1989)

Fig. 3. Secular change of daily mean CH_4 concentration of 1988-1989.

4.3.2. 宙空系観測について

第 29 次観測隊では従来より定常的に継続してきたオーロラ光学観測、人工衛星受信、超

高層モニタリング、マルチビーム・リオメーター観測に加え、地磁気無人観測機の開発研究とその運用実験が行われた。また、これらの観測に加えて12月には西オングル島での広域磁気測量も行われた。

(1) 地磁気無人観測機開発研究

南極地域での地磁気多点観測を可能にする地磁気無人観測機の開発を試みた。無人観測機用発電機、計測器(データ収録装置、時計装置、磁力計、リオメーター)、発電機用燃料タンクおよび発電機と計測器を収納するシェルターから構成される。シェルターおよび燃料タンクはあらかじめそりに組み付け、設置地点まで雪上車でけん引する方式を採用した。現場到着後に発電機、計測器をシェルターに収納し、別に輸送した燃料を無人機用のタンクに移した。極寒下の設置現場での作業をできるだけ少なくするように工夫した。無人機は2台作り、最終的には、それぞれスカルプスネスのきざはし浜、みずほルート上の H-100 地点に設置し、昭和基地と合わせて3点で地磁気脈動の時間、空間変動の観測を行った。

(2) 無人機の構成について

電力の供給には、航空用燃料(Jet-A1)を燃焼させて電力を得る熱発電機(Thermo-Electric-Generator: TEG)を使用した。発電機は“ゼーベック効果”と呼ばれる原理に基づき、燃料で得た熱エネルギーを直接電気エネルギーに変換する。1日に約10lの燃料を消費しながら定常的に90Wの電力を供給する。燃料タンクの容量は800lで、これは200lドラム缶4本を束ねて昭和基地で作製されたものである。

計測部はデータ収録装置、時計装置、磁力計、リオメーターから構成される。データ収録装置は4チャンネルからなり、これらのデータを3秒に1回サンプルし、カセットテープに記録する。テープレコーダーは2台まで接続でき、合計9カ月分のデータまで蓄えることができる。時計装置はレ・ユニオンから発射されているオメガ信号を受信することにより、常

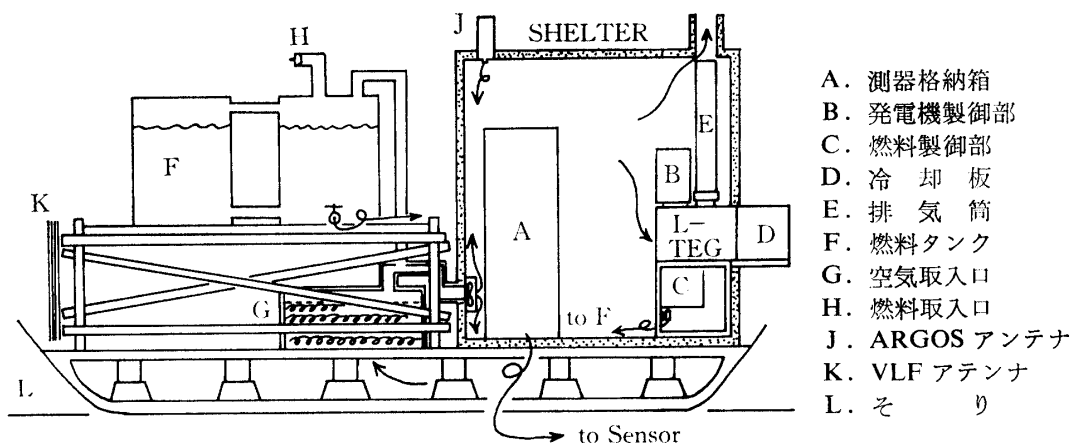


図4 無人観測機の構造図

Fig. 4. Schematic illustration of the Unmanned Magnetometer Station.

に内臓時計を校正し、100 分の 1 秒の精度で時刻を保つ。時刻信号はデータ収録装置に送られ、データサンプルの基礎となる。オメガによる時刻校正の状態はテープに記録される。磁力計には 3 成分のフラックスゲート磁力計を用いた。量子化誤差は 0.56 nT である。

計測部は、内壁を 40 mm の発砲スチロールによって断熱した 100 cm×70 cm、高さ 45 cm の木箱に納めた。回路部の消費電力は 18W で、保温用として別に 25W のヒータが組み込まれている。

発電機、計測部は幅 90 cm×180 cm、高さ 190 cm の組立式シェルター内に収納され飛雪の吹き込み、低温から保護される。シェルターには発電機用の排気煙突、給気口、放熱フィンの開口部が付属している。そり上に組み立てた無人機の概略を図 4 に示す。

(3) 観測の経過

昭和基地、S21、とっつき岬手前 3 km の海氷上でのテストを終えた後、1 号機を 9 月 7 日にスカルプスネス露岩へ設置し、10 月 14 日から 12 月 18 日までの 100 日間の観測に成功した。

2 号機は 10 月 3 日にみずほルート H-100 地点に設置し、27 日間正常に作動したが、データ収録装置の故障のため観測を中断した。12 月 4 日再び、発電機の動作テストを開始し、12 月 30 日無人機の撤収まで順調に動作した。スカルプスネス、H-100 地点および昭和基地の 3 地点同時観測は 10 月 3 日から 27 日間である。これらの結果は別に詳しく報告した (SAKA *et al.*, 1990)。

4.3.3. 生物系観測について

第 27 次観測隊によってラングホブデ雪鳥沢付近に長期滞在用設備として生物観測小舎が建設された。陸上生物がどのように生活してお互いどのようににかかわり合いを持つかを研究する目的で、夏から秋の前期、春から夏の後期の 2 回にわたる野外調査を実施した。その他、ラングホブデ雪鳥沢に滞在しない期間には、環境モニタリングの一環として、アデリーペンギンセンサス、土壌藻類、土壌細菌の採集を行った。またリュツォ・ホルム湾一帯の露岩域での藻類・蘚類の分布・生態調査を行った。

ラングホブデ生物観測小舎における第 29 次観測隊の観測期間

(a) 引き継ぎおよび予備調査(夏期): 1988. 1. 7~1. 19, 神田ほか 2 名

(b) 前期調査(夏~秋期): 1988. 2. 3~5. 8, 神田ほか 3 名。昭和基地へは S16 地点経由の内陸ルートにて帰還した。

(c) 後期調査(春~夏期): 1988. 11. 1~1989. 1. 15, 神田, 大谷ほか 2 名

特に次の項目について重点をおき、観測が行われた。

(1) 蘚類群落の構造と機能の解析

雪鳥沢とやつで沢の流域に生育する胞子体を持つ蘚類 2 種について定期的サンプリングを行い、茎葉体、生殖器の発達、胞子体の伸長、成熟についての季節的变化に関する資料を得た。また雪鳥沢水系の 2 カ所の蘚類群落において、夏と秋に無性芽による繁殖様式を知るた

めライトランセクト法により群落と土壌を採集した。南極の環境に特有な生活史が明らかになった。

(2) 藻類の分類と生態

雪鳥沢を中心に、ラングホブデ全域から陸性藻類と、蘚類付着藻類が採集され、分類、生態的研究に供された。蘚類群落の凹凸の微環境が藻類の成育に及ぼす影響についての興味深い資料が得られた。ほかに地衣類芝生藻、藍藻、緑藻類等の単離培養を南極の現地で行い、貴重な資料が得られた。

(3) 湖沼生物相の研究

雪鳥沢の湖底生物の採集と環境調査を行った。水深約 6 m の湖底には厚さ数 10 cm に及ぶ藻類と水生蘚類が見つかり、分類学的、生態学的新知見が得られた。

(4) 動物行動および環境変化の連絡モニター

海鳥（ユキドリ、オオトウゾクカモメ）の営巣地と植物相の関係をj知るために、営巣地の分布図が作られた。また 16 mm カメラの自動撮影装置により、ユキドリの行動と植生、雪、水等の環境との対応を知る映像データが得られた。海と陸をつなぐ海鳥が陸上の生態系にどのように関与しているのか貴重な資料が得られた。

(5) 生物気象観測

流域の地表環境を測定するための微気象観測システム(雪鳥沢流域)、昭和基地の気象データとの比較を目的とした中気象観測システム(小舎の東南部)、そして1年間の継続した地表面の環境を測定するための無人気象観測システム(小舎の東北部)の3システムにより生物気象観測を実施した。第27次観測隊から継続観測をしているものも含め、それらの測定項目は、植物群落内の温度、気温、湿度、風向、風速、光量子量等の多項目にわたり、日本南極観測隊として初めて総合的な生物気象観測に成功した。

(6) 植生永久クオードラートの設置と追跡調査

第27次観測隊の地衣類群落に23点の永久クオードラートを設置したのに引き継いで蘚類群落24点、藻類群落1点に設置を行い、詳細な記載を行った。大陸氷床の変動や人為的影響による植生の変化を長期的に監視する目的で行われた。5年、10年後の再測のための基礎的資料が得られた。

(7) リュツォ・ホルム湾露岩域における生物分布調査

ラングホブデ雪鳥沢の生物観測小舎に滞在しない時期(8-10月)は海水ルートによる沿岸旅行を行い、露岩の生物を調査、採集した。調査地域は30カ所に及んだ。特に、プリンスハラルド海岸のネスホルメン、デュープビークネーゼでの調査、試料の収集は初めてのことである。

5. 設営経過概要

5.1. 機 械

年間を通しての主な作業は、新発電棟内発電・熱利用システムをはじめとする基地内諸設備の維持、管理および車両整備と内陸旅行等の車両維持管理であった。

発電関係では第 28 次観測隊と共同で 200 kVA 発動発電機の 1・2・3 号機の 12000 時間オーバーホールを実施した。その後停電事故もなく年間を通じて順調に経過した。また、1 月末には衛星受信棟配電および衛星パラボラアンテナ試運転に伴い 2 機並列運転を実施した。月別燃料消費量、消費電力量および電力使用量の年間の推移を図 5 に示した。造水については、荒金ダム温水循環により、年間を通じて造水できた。しかし、前次隊との交代期に荒金ダムの決壊があり、冬期には水不足となったので、雪のドリフト等による造水も行った。9 月からは濃塩水を風呂水として利用したほか 10 月にはこれらの 100 kℓ 水槽への還流も実施した。1988 年は降雪が少なく、地吹雪量が少なかったため、こうした対応が必要となった。月平均給水量は 67.2 t である。その他、電気設備、冷暖房設備、防火設備等については、冷凍機に故障があったほかは順調に運用できた。車両の整備等は、全隊員の協力を得て順調に

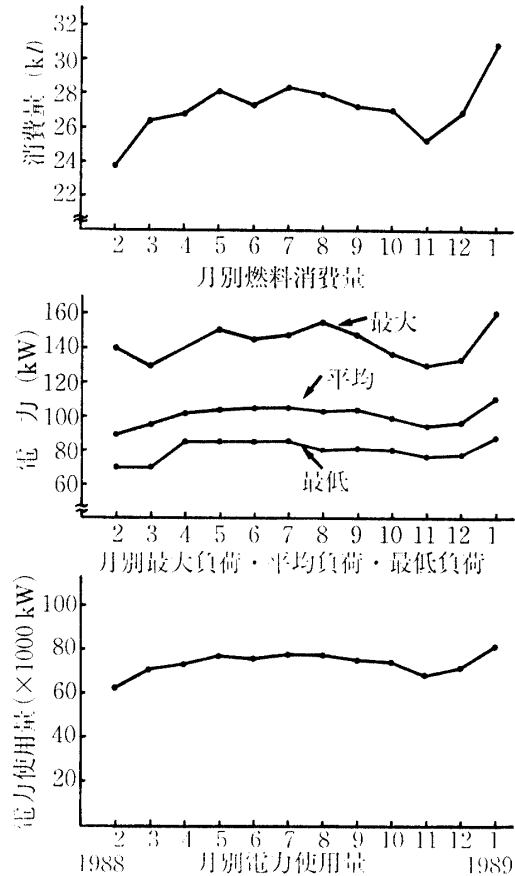


図 5 月別燃料消費量および電力使用量の年間推移

Fig. 5. Monthly fuel and electrical power consumption at Syowa Station in 1988.

行うことができた。また、沿岸、内陸旅行についても、車両に関する大きなトラブルもなく完了した。

5.2. 通 信

夏期作業中から準備をすすめたインマル設備の更改は、3月25日の関東電気通信局との実通テストをもって完了し、本運用を開始した。これに伴い国立極地研究所のホストコンピューターと結ぶデータ伝送端末、インマル電話の基地内電話との接続、インマルファクシミリの送受の自動化など、より機能的な運用が可能となった。また、7月からは私信ファクシミリの取り扱いも開始され、従来の電話、電報に加えて日本国内との通信手段がより多様化された。あすか観測拠点との連絡は通常 4 MHz を使用し、電波状態によって 8 MHz (30~40%) および 11 MHz が使用されたが、終日通信不能になったことはない。

5.3. 食糧・調理

食糧は、量・種類とも豊富でほぼ満足できるものが準備された。購入した食糧のうち酒類のようにかなり余ったものもあったが、魚介類や肉類などの主要品はほぼ全量を消費した。越冬早々から新発電棟の冷蔵庫が不調となり、野菜の一部に保存状態が悪くなるものもみられたが、冷蔵庫や食糧庫に保存した食糧には問題は起こらなかった。料理内容については、隊員の家庭料理を取り入れるなど独自の工夫を凝らした。

第 29 次観測隊では水耕栽培による生野菜の本格的な栽培も実施し、平均して 1 日約 1 kg の収穫があった。もやしを除く生野菜はすべて生で食卓に供し、単調になりがちな越冬生活に彩を添えた。主な収穫量は次の通り、キュウリ 67.25 kg (418 本)、ミニトマト 10.95 kg (878 個)、メロン 7.3 kg (9 個)、ナス 1.6 kg (130 個)、葉菜 (野沢菜、レタス、ほうれん草、長ネギなど) 50 kg。

5.4. 医 療

昭和基地では越冬全期間を通じて大病者なく、無事越冬生活を終えた。あすか隊のクレバス事故のために、昭和基地から第 29 次と第 30 次観測隊各 1 名の医療隊員が救助隊に加わり現地へ向かい、傷病者の処置にあたった。第 25 次観測隊に続く今回のような突発事態を鑑みるに、今後に予想される事故に対しての重傷者の移送もふくめた具体的な医療体制や救助体制の確立が急務であろう。

疾患別の頻度はおおむね例年と同様な傾向である。外傷で縫合処置を要した例は 3 件。歯科のトラブルは多いが、う歯は少なく歯冠や充てん物の脱落が目立った。凍傷は、長期の内陸旅行時などほとんどの隊員が多かれ少なかれ顔面に 1 度の凍傷を負うが特に問題はない。定期的に行った健康診断でも内科的に特に問題となる異常は生じなかった。

6. 野外観測活動

6.1. 野外活動の概要

昭和基地越冬隊の野外活動の実施経過を図6に示した。野外活動を大別すると i) 昭和基地周辺の海水および露岩域調査, ii) リュツォ・ホルム湾内の海水および露岩域調査, iii) 昭和基地から数日間程度の大陸上観測および, iv) 内陸旅行である。図6の中央線から左側に海水域, 露岩域の調査, 右側に大陸上の観測と内陸旅行のそれぞれの旅行名と旅行日程が示されている。

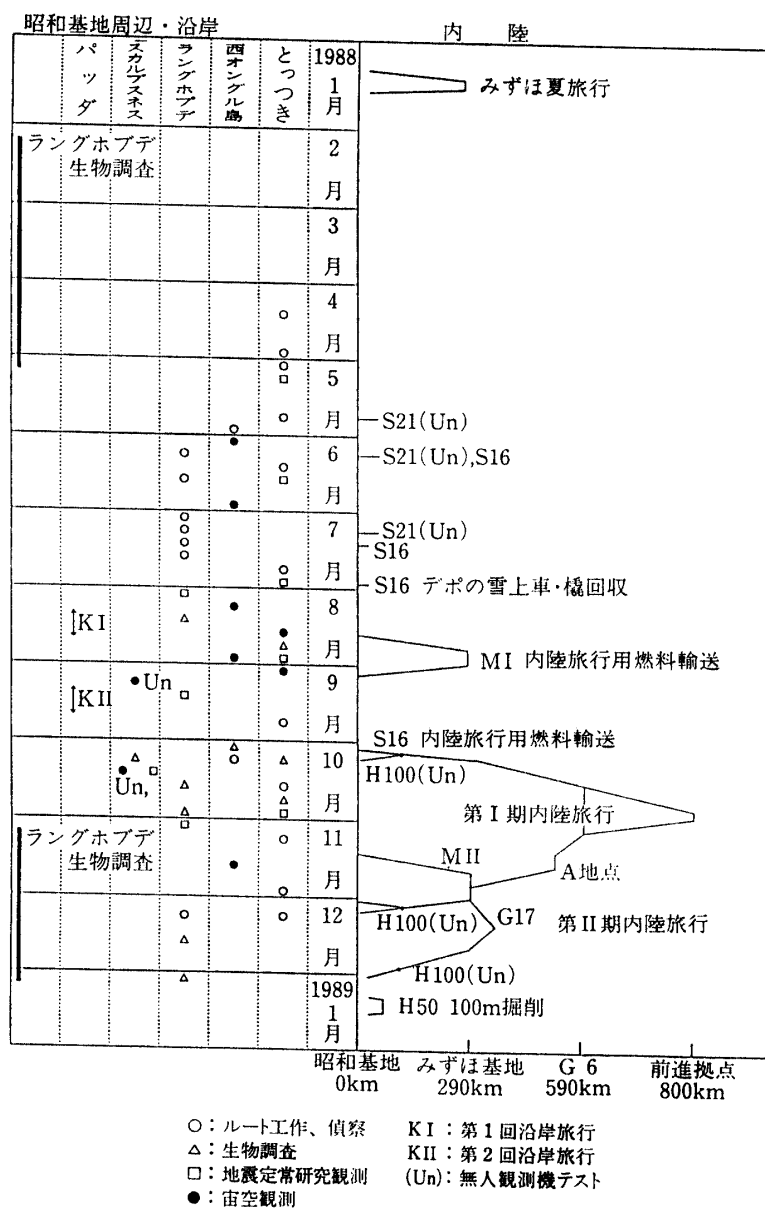


図6 野外調査・観測の記録

Fig. 6. Record of the field observations and the inland traverses.

表 3 主な野外観測概要一覧

Table 3. Program of the major field observations and the inland traverses.

沿 岸 域	沿岸調査旅行（海水旅行 I—KI） 日程：8月11日～18日 人員：*渡辺，神田，市川，槌井，和田（純），瀬古 目的：海水調査，露岩生物調査，地震観測，海水旅行訓練 主な機材：浮上型雪上車，SM25 型雪上車，スノーモービル
	生物野外調査旅行（海水旅行 II—KII） 日程：9月13日～19日 人員：*神田，大谷，坂本，野村，三宅 目的：露岩生物調査，海水調査 主な機材：浮上型雪上車，SM25 型雪上車，スノーモービル
内 陸 域	みずほ旅行 I（MI） 日程：8月23日～9月5日 人員：*山下，横野，井上，青木，古川，葦沢 目的：ルート整備，雪尺観測，燃料輸送，内陸旅行訓練など 主な機材：SM50 型雪上車，居住カブース，中型そり
	第 I 期内陸旅行（NI） 日程：10月3日～12月5日 人員：*渡辺，古川，瀬古，上窪，井上，葦沢 目的：内陸高層気象観測（G6 地点），無人気象観測機設置（前進拠点），雪氷観測，新ルート設定など 主な機材：SM50 型雪上車 4 台，居住カブース，幌カブース，発電機，中型そり
	第 II 期内陸旅行（NII） 日程：11月30日～1月2日 人員：*古川，青木，三上 目的：雪氷観測，新ルート設定など 主な機材：雪上車 2 台，居住カブース，中型そり
	みずほ旅行 II（MII） 日程：11月15日～12月5日 人員：*大塚（英），市川，（帰路には三上，青木が NII に入り，古川を除く NI 旅行隊が加わる） 目的：雪尺観測，人員交代 主な機材：雪上車，居住カブース，中型そり

* 旅行リーダー。

昭和基地越冬隊では，気水圏，宙空，生物の 3 つの研究観測グループのほか，定常観測の気象，地震部門でも野外観測および観測維持のための野外作業があり，それに要した日数はかなり大きなものとなった。

昭和基地からの 1～数泊程度の旅行については，天候とサポート態勢が許す限り，ほぼ計画案通りの実施を図ったが，規模の大きい計画については，設営機材，サポート要員に限りがあるため，目的達成を主眼において計画を合理的に組み替えるなどの調整が必要であった。生物，気水圏，定常地震の各グループが計画したリュツォ・ホルム湾海氷上および沿岸調査は，2つのオムニバス形式の計画（沿岸調査旅行と生物野外調査旅行）にまとめて実施した。また，内陸旅行はルート整備と旅行訓練に重点をおいた第 I 期みずほ旅行と 2つの内陸旅行（第 I 期および第 II 期）およびみずほ基地への人員交代旅行の 4つの計画にまとめた。これら比較的大規模な旅行の概要を表 3 にまとめて示した。

6.2. 主な野外観測の目的について

(1) 沿岸調査旅行（海水旅行 I）

本旅行は、i) 海氷上旅行技術訓練、ii) 海氷観測（主として海氷厚、海氷温度測定）、およびスカーレン、スカルプスネス、パッダでの iii) 微動地震観測と iv) 生物調査を目的としたものである。海氷上のルートは図7に示されている。スカーレン、パッダ付近に大きな開水面を持つクラックが走り、そのいずれの島へも上陸はできなかった。微動地震観測はスカーレンに代えてヤルトオイで昭和基地との同時観測を実施した。またそこでは生物隊員によって蘚類、藻類の採集が行われた。図7に示されているように、スカルプスネスからスカーレンにかけての沖合に幅5~10数kmの乱氷帯があり、積雪が少なかったため雪上車の走行は困難であった。

(2) 生物野外調査旅行（海水旅行 II）

第27次観測隊より継続されている陸上生態系研究計画の一環として、パッダおよびプリ

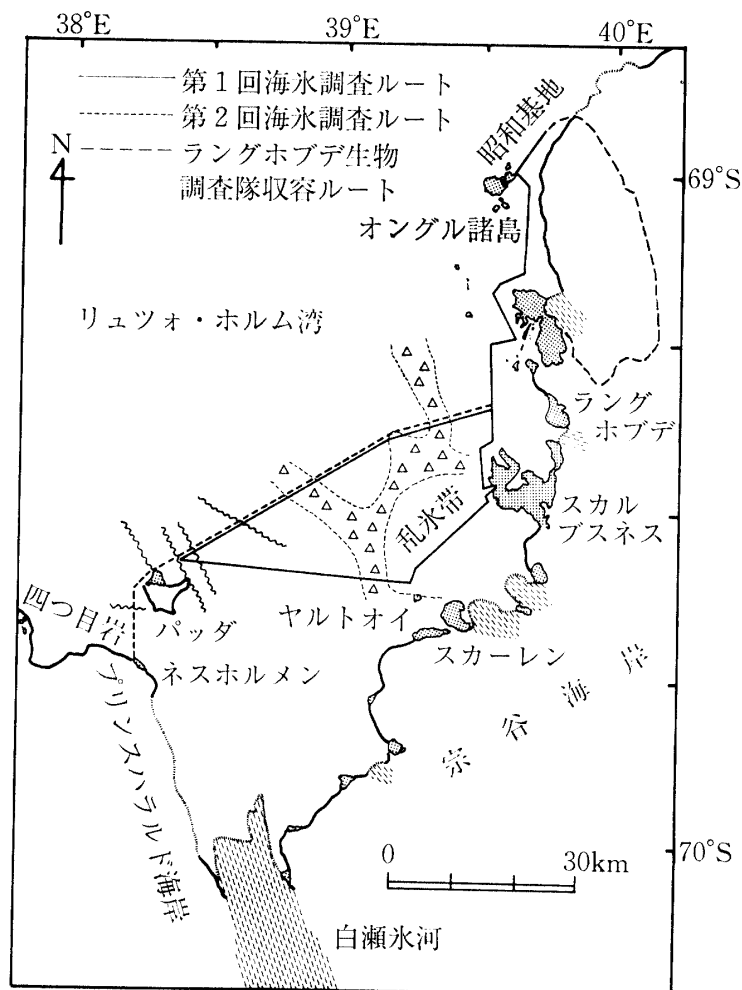


図7 沿岸調査旅行における海氷上ルート図

Fig. 7. Route map of the research trips in the Lützow-Holm Bay area.

ンスハラド海岸の生物調査を目的としている。パッダ全域、ネスホルメンおよびプリンスハラド海岸のデューブピークネーセで蘚類、地衣類および藻類の採集が行われた。プリンスハラド海岸での生物調査は今回が最初である。

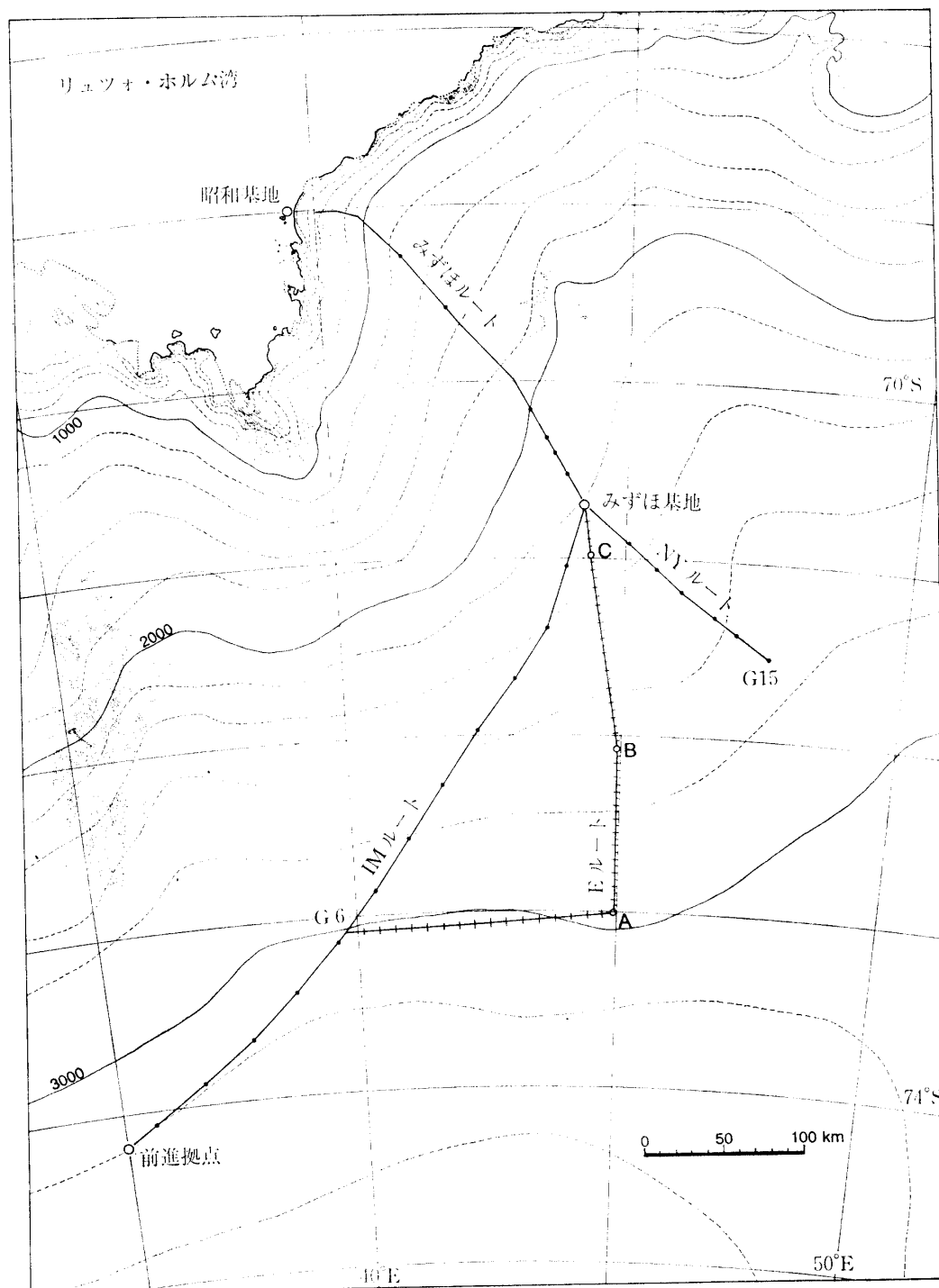


図 8 内陸調査旅行ルート図

Fig. 8. The traverse routes of JARE-29.

(3) 内陸調査旅行

昭和基地よりみずほ基地経由で第 25 次観測隊設置の G6 地点に向かい、ここに気象観測隊員 2 名を残し、さらに前進拠点へ向かう。前進拠点にて無人気象観測機設置後 G6 に戻り、ここより新しいルート (E ルート) を設置しつつ、みずほ基地に戻った。昭和基地から帰途のみずほ基地まで 1600 km, 55 日間の内陸旅行である。内陸観測は 3 つに大別でき、i) みずほルートおよび前進拠点へ至る IM ルート上での各種雪氷観測と既設観測点での再測。観測項目は雪尺、標高、表面形態、歪方陣などである。ii) G6 地点における高層気象観測 (15 日間) および前進拠点における気象観測機の設置は ACR 観測の一環として行われた。iii) G6 地点から一旦東へ向かい、A 地点 (77°S, 46°E) からみずほ基地に向かう E ルートは、将来の氷床ドーム深層掘削観測計画のためのみずほ基地—ドーム掘削拠点間の物質輸送路として探査された。積雪層観測はみずほ 700 m 深コア解析研究の一環として実施され、A, B, C の各地点で表面より 2 m 深までの積雪柱 (断面: 30 cm×30 cm) が、微量化学成分分析試料として日本へ持ち帰りのために採集された。第 II 期内陸旅行では、第 I 期と同様の雪氷観測をみずほ中層コアの源である Y ルート方向に展開するために実施された。積雪柱の試料は、E ルート、Y ルートおよび H ルート上の 8 地点で採集された。第 I 期、第 II 期内陸旅行中の雪氷観測の結果は別に報告を予定している。

文 献

- 国立極地研究所編 (1989): 昭和基地越冬報告。日本南極地域観測隊第 29 次隊報告。東京, 97-273.
松原廣司・土井元久・上窪哲朗・岡田憲治 (1990): 第 29 次南極地域観測隊気象部門報告 1988。南極資料, 34, 46-75.
SAKA, O., SATO, N. and UCHIDA, S. (1990): Development of unmanned magnetometer stations for use in Antarctica. *Antarct. Sci.*, 2, 355-261.
佐藤夏雄 (1990): 第 29 次南極地域観測隊夏隊報告 1987-1988。南極資料, 34, 381-393.
和田 誠・青木周司・青木輝夫・瀬古勝基 (1990): 第 29 次南極地域観測隊気水圏部門越冬報告 1988。南極資料, 34, 46-75.
矢内桂三 (1990): 第 29 次南極地域観測隊あすか観測拠点越冬報告 1988-1989。南極資料, 34, 394-429.

(1991年 1 月 17 日受理)